

CALCOLO AGLI S.L.U. DI BALCONE IN ACCIAIO IPE

(ai sensi del D.M. 17/01/2018)

(Inserire descrizione): Es. I balconi del fabbricato in oggetto avranno struttura portante costituita da profilati in acciaio IPE di classe 1 e sovrastante piano di calpestio in

Caratteristiche geometriche e inerziali

Fattore di confidenza	1,00	Nuovo intervento o esistente LC3
Peso trave	IPE 80	= 0,06 KN/m
Interasse travi IPE		i = 0,40 m
Spessore piano di calpestio		= 3 cm
Peso unità di volume del piano di calpestio		= 27,00 KN/m ³
Lunghezza mensola		l = 0,80 m
Sovraccarico		= 4,00 KN/m ²
Carico distribuito ringhiera		Q _{rd} = 1,00 KN/m
Modulo di resistenza plastico del materiale		W _{pl} = 23217 mm ³
Tensione caratteristica acciaio tipo	S235	f _{yk} = 235,00 N/mm ²
Resistenza di progetto a flessione retta		M _{c,Rd} = 5,20 KNm
Resistenza di progetto a taglio		V _{c,Rd} = 46,13 N
Area di taglio della sezione del profilo		A _v = 357,00 mm ²
Momento d'inerzia del profilato		I _y = 801377 mm ⁴

Analisi dei carichi in KN/m

Calpest.	0,03	x	27,00	x	0,40	=	0,32 KN/m
Travi IPE						=	0,06 "
Sovraccarico			4,00	x	0,40	q =	1,60 "
Altri carichi distribuiti						=	0,00 "
Totale (carichi fissi + sovraccarico)						Q _t =	1,98 KN/m

Si considera inoltre un carico concentrato verticale Q_r agente all'estremo libero della mensola per tenere conto dell'azione della ringhiera:

$$Q_r = Q_{rd} \times i = 1,00 \times 0,40 = \mathbf{0,40 \text{ KN}}$$

Carico permanente	Q ₁ =	0,38	KN/m
Carico perm. non strutt. + sovraccarico	Q ₂ =	1,60	KN/m

Il carico totale di progetto allo SLU è dato da:

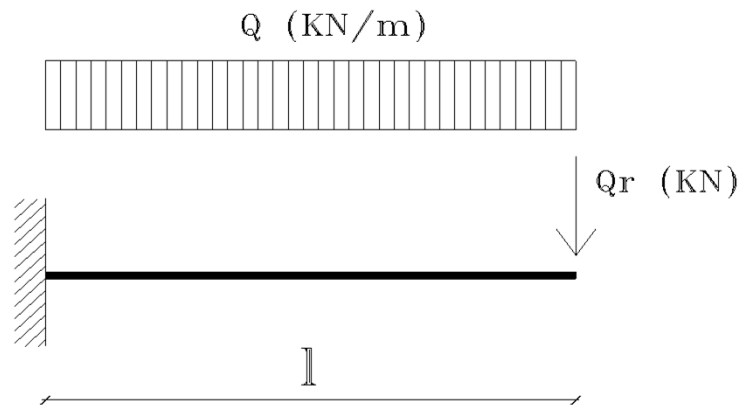
$$Q = 1,3 \times Q_1 + 1,5 \times Q_2 = \mathbf{2,90 \text{ KN/m}}$$

dove:

γ_G = 1,3 è il fattore parziale di amplificazione dei carichi permanenti

γ_Q = 1,5 è il fattore parziale di amplificazione dei carichi perm. non strutturali + sovraccarichi

Lo schema statico risultante è il seguente:



Determinazione delle sollecitazioni

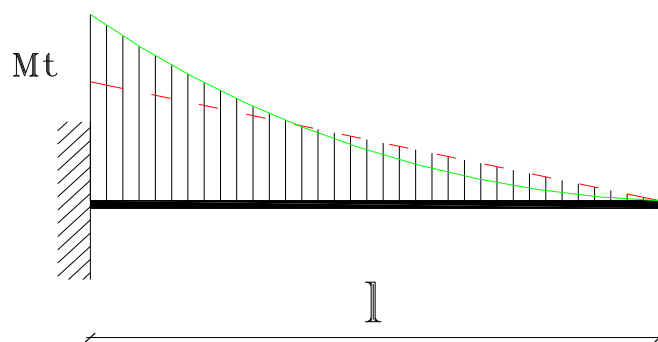
Ogni mensola in ferro viene sollecitata dai momenti flettenti:

$$M_d = Q \times l^2 / 2 = 0,93 \text{ KNm}$$

$$M_c = Q_r \times l \times 1,5 = 0,48 \text{ KNm}$$

Il momento flettente totale agente all'incastro della mensola sarà:

$$M_t = (M_d + M_c) = 1,41 \text{ KNm}$$



Linea continua = diagramma momento dovuto al carico distribuito

Linea tratteggiata = diagramma momento dovuto al carico concentrato

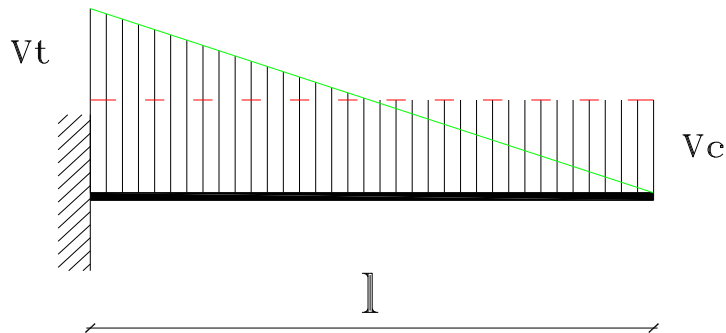
Ogni mensola viene sollecitata inoltre dai tagli:

$$V_d = Q \times l = 2,32 \text{ KN}$$

$$V_c = Q_r \times 1,5 = 0,60 \text{ KN}$$

Il taglio totale agente sulla mensola sarà:

$$V_t = (V_d + V_c) = 2,92 \text{ KN}$$



Linea continua = diagramma taglio dovuto al carico distribuito
Linea tratteggiata = diagramma taglio dovuto al carico concentrato

Verifica a taglio

Deve essere rispettata la seguente condizione:

$$V_t / V_{c,Rd} = 0,063 < 1 \quad \text{VERIFICATO}$$

Verifica a flessione

Se il taglio di progetto $V_t < 0,5 V_{c,Rd}$ si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione. Se invece $V_t > 0,5 V_{c,Rd}$ bisogna tener conto dell'influenza del taglio sulla resistenza a flessione. In quest'ultimo caso, posto $\rho = [2V_t/V_{c,Rd} - 1]^2$, la resistenza a flessione si determina assumendo per l'area resistente a taglio A_v la tensione di snervamento ridotta $(1 - \rho)f_{yk}$.

Deve essere rispettata la seguente condizione:

$$M_t / M_{c,Rd} = 0,271 < 1 \quad \text{VERIFICATO}$$

Verifica degli spostamenti verticali agli stati limite di esercizio

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento è dato da:

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$$

dove: δ_1 = spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti
 δ_2 = spostamento elastico dovuto ai sovraccarichi

I limiti di spostamento sono:

$$\delta_{\max, \lim} = l / 250 = 3,20 \text{ mm}$$

$$\delta_{2, \lim} = l / 300 = 2,67 \text{ mm}$$

Il massimo spostamento all'estremo libero della mensola è:

$$\delta_1 = [(Q_{\text{perm}} l^4)/(8 E I_y)] = \mathbf{0,12 \text{ mm}}$$

$$\delta_2 = [(Q_{\text{var}} l^4)/(8 E I_y)] + [(Q_r l^3)/(3 E I_y)] = \mathbf{0,49 \text{ mm}} < \delta_{2, \lim}$$

VERIFICATO

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2 = \mathbf{0,60 \text{ mm}} < \delta_{\max, \lim}$$

VERIFICATO

dove: Q_{perm} = carico permanente lineare non amplificato agente sulla mensola

Q_{sovr} = sovraccarico lineare non amplificato agente sulla mensola

Q_r = carico concentrato non amplif. all'estremo libero della mensola

l = luce netta mensola

E = modulo elastico dell'acciaio (210000 N/mm²)

I_y = momento d'inerzia della sezione del profilato

Il profilo previsto in progetto è idoneo a sopportare i carichi assegnati.

RELAZIONE DI CALCOLO

Il balcone con mensole in acciaio è costituito da travi in profili IPE in acciaio di classe 1, poste ad opportuno interasse e considerate incastrate ad una estremità. L'elemento strutturale viene sottoposto a carichi verticali distribuiti linearmente lungo l'asse longitudinale dello stesso.

Il software, effettuata l'analisi dei carichi, il calcolo della mensola in acciaio soggetta a carichi esterni lineari uniformemente distribuiti, dai quali vengono desunte le sollecitazioni di flessione e taglio massime all'incastro della mensola. Viene effettuata inoltre la verifica di deformabilità dell'elemento. Il calcolo può essere effettuato sia per nuovi interventi che per mensole esistenti in base al relativo livello di conoscenza.

Il calcolo viene effettuato con il metodo degli stati limite ultimi ai sensi del D.M. 17/01/2018 (N.T.C. 2018), prendendo in considerazione i vari tipi di acciaio IPE previsti dalla normativa in classe 1 della sezione del profilo. Il coefficiente di sicurezza del materiale γ_{M0} dipende dal tipo di materiale e dalla classe dello stesso. Per la tipologia di materiale impiegato il coefficiente γ_{M0} assume il valore 1,05 riportato nella tab. 4.2.VII del D.M.. Le caratteristiche dell'acciaio sono desunte dalle norme armonizzate della serie UNI EN 10025.

La resistenza dei materiali è desunta dalla tabella 4.2.I delle NTC 2018.

La verifica della trave viene condotta agli S.L.U. con resistenza di progetto data dall'espressione:

$$R_d = R_k / \gamma_M$$

dove: R_k è il valore caratteristico della resistenza della membratura determinata dai valori caratteristici delle resistenze dei materiali f_{yk} e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione e γ_M è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato (Tab. 4.2.VII).

Le verifiche eseguite sono:

Verifica a flessione semplice;

Verifica a taglio;

Verifica di deformabilità.

Per effetto del carico esterno verticale ogni trave è sollecitata a flessione e taglio, le cui espressioni degli sforzi sono, rispettivamente:

$$M_t = Q \cdot L^2 / 2 + Q_r \cdot L \cdot 1,5$$

$$V_t = Q \cdot L + Q_r \cdot 1,5$$

dove Q è il carico esterno distribuito lineare, Q_r il carico concentrato all'estremo libero e L la lunghezza dell'asta.

Per la verifica a flessione dell'elemento deve essere soddisfatta la condizione:

$$M_t / M_{c,Rd} \leq 1$$

dove: $M_{c,Rd}$ è la resistenza di progetto a flessione.

Per la verifica a taglio dell'elemento deve essere soddisfatta la condizione:

$$V_t / V_{c,Rd} \leq 1$$

dove: $V_{c,Rd}$ è la resistenza di progetto a taglio.

Nella verifica a flessione si tiene conto anche dell'eventuale presenza di taglio superiore a $0,5 V_{c,Rd}$

Per la verifica di deformabilità degli elementi inflessi deve risultare:

$$\delta_{\text{tot}} < \delta_{\text{max,lim}}$$

$$\delta_2 < \delta_{2,\text{lim}}$$

dove: $\delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2$ è lo spostamento verticale totale massimo dovuto ai carichi permanenti δ_1 e variabili δ_2 . $\delta_{\text{max,lim}}$ e $\delta_{2,\text{lim}}$ sono i corrispondenti spostamenti limite per la destinazione d'uso dell'elemento strutturale.

Mentre le frecce massime δ_1 e δ_2 sono date rispettivamente dalle espressioni:

$$\delta_1 = (Q_{\text{perm}} \cdot l^4) / (8 \cdot E \cdot I_y)$$

$$\delta_2 = (Q_{\text{var}} \cdot l^4) / (8 \cdot E \cdot I_y) + (Q_r \cdot l^3) / (3 \cdot E \cdot I_y)$$

dove: Q_{perm} è il carico permanente lineare non amplificato agente sulla mensola; Q_{var} carico variab. lineare non amplificato agente sulla mensola; Q_r eventuale carico variabile concentrato agente alla estremità libera della mensola; l è la luce netta della mensola; A è l'area della sezione della mensola; E è il modulo elastico longitudinale dell'acciaio; I_y è il momento d'inerzia della sezione.